Milorad B. Vidovic
mvidovic@sf.bg.ac.yu

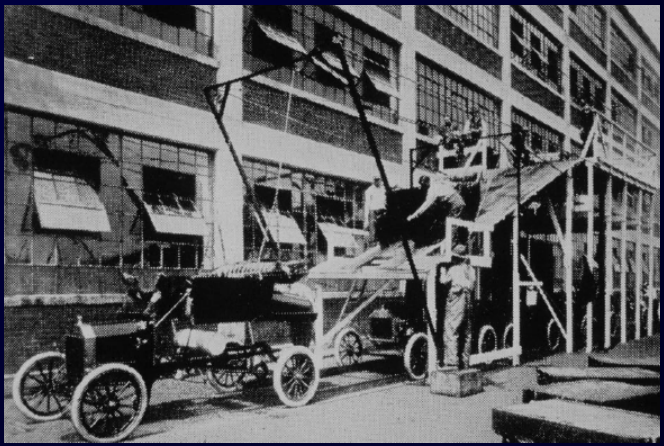
Automatski vođeni sistemi vozila

AUTOMATED GUIDED VEHICLE SYSTEMS

Faculty of transport and traffic engineering, Logistics Department

Uvod

- Zadatak(uloga) **rukovanja materijalom** je prenos(premeštanje) pravog materijala na pravo mesto u pravoj količini,u pravo vreme, i pod pravim uslovima u cilju redukcije troškova proizvodnje
  - ✓ Troškovi **rukovanja materijalom** su procenjeni na 20-25% ukupnih troškova proizvodnje u USA [The Material Handling Industry of America (MHIA)]



- Primarni cilj je redukcija jediničnih troškova proizvodnje

Uvod

- Oprema za rukovanje materijalom uključuje:
  - ✓ Transportnu opremu: transportna sredstva, **Automated Guided vehicles (AGVs)**, monorails, konvejere, dizalice i liftove.
  - ✓ Opremu za ukrupnjavanje: paletomate
  - ✓ Sisteme za praćenje i indentifikaciju.
  - ✓ konvejere,
  - ✓ …



Uvod

- **8. Principip automatizacije**

  ✓ operacije rukovanja materijalom bi trebalo da budu mehanizovane i/ili automatizovane gde god je moguće kako bi se poboljšala efikasnost operacija, povećala pouzdanost, unapredila doslednost i predvidljivost, smanjili operativni troškovi.

  ✓ AGVS predstavlja odličan primer.







Istorija nastanka

- Automatic Guided Vehicles (AGV) su u upotrebi od 50-ih godina XX veka.
- AGVs su industrijska vozila bez vozača, obično pogonjena pomoću baterija i električnih motora. Težine tereta koje AGVs mogu prevoziti se kreću u veoma velikom opsegu,od malih(lakih) tereta težine nekoliko kilograma do tereta težine preko 100t.
- AGVs rade u različitim uslovima(okruženjima) rada,od kancelarija do luka(lučkih oblasti).

Istorija …

- Pre 50 godina,kada su po prvi put upotrebljena AGVs,nazivana su sistemima bez vozača.
- Tokom godina, napredak u elektronici je doveo i do napretka,odnosno daljeg usavršavanja vođenih vozila. Tehnološki razvitak je AGVs pružio veće mogućnosti i fleksibilnost.

AGVs – motivi(razlozi) primene

- **Redukovani troškovi radne snage i ostalih troškova rada...** Jedno AGV koje radi u tri smene na dan može zameniti plate tri operatera koji rade sa ručnim viljuškarom
- **Povećana pouzdanost i produktivnost...** Neosetljivost na dužinu radnog vremena i broj smena - AGV može da radi 24 sata dnevno, 7 dana nedeljno bez pauze.
- **Smanjenje oštećenja robe ...** AGV poseduje kontrolisano kretanje(hod) vozila sa preciznošću zaustavljanja od +/- 10 mm.

AGVs – motivi …

- **Povećana bezbednost**... Zato što procesi rukovanja materijalom ne zahtevaju ljudsku aktivnost,redukovane su povrede zaposlenih. Takođe su redukovane i nesreće zato što se vozilo uvek ponaša prema unapred programiranim instrukcijama.
- **Fleksibilnost...** Za razliku od fiksnih(stacionarnih) rešenja za rukovanje materijalom,putanja po kojoj AGV kreće vrlo lako može biti reprogramirana kako bi olakšale promene u layout-u fabrike

Vođenje vozila

- Postoje 2 osnovna principa **:**
  - ✓ **Fiksna putanja**;
  - ✓ **Slobodna navigacija**.
- **vođenje AGV pomoću fiksne putanje je najstariji metod navigacije**. Ovaj metod navigacije AGV može biti opisan i kao *'glupa vozila,pametni podovi*'.
- Opšte karakteristike **:**
  - ✓ AGV putanje su jasno označene na podu;
  - ✓ Kontinualne AGV putanje
  - ✓ AGV putanje su fiksirane, ali mogu biti promenjene

Vođenje vozila …

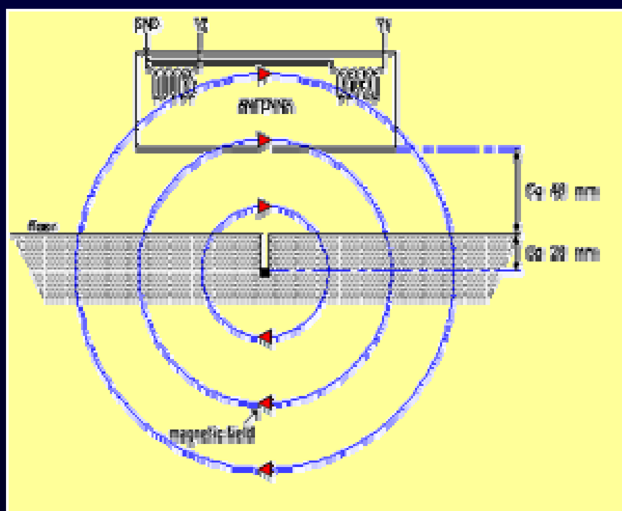
- Različite vrste fiksnih AGV putanja se mogu podeliti na:
  - ✓ Usku magnetnu traku na površini poda
  - ✓ usku optičku-hemijsku traku na površini poda
  - ✓ usku optičku-reflektujuću traku na površini poda
  - ✓ Žica tik ispod površine poda

Vođenje vozila…

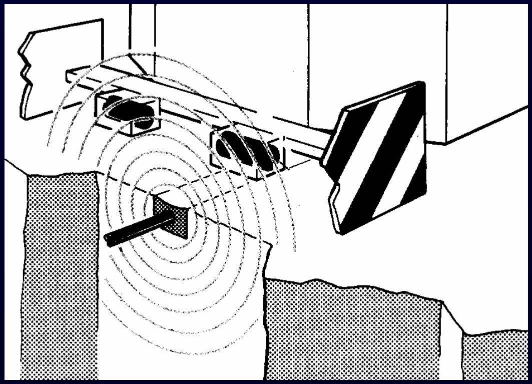
- **AGV sa slobodnom navigacijom** – krajem 80-ih godina XX veka predstavljeno je bežično vođene AGV sistema
  - ✓ Lasersko vođenje
  - ✓ Vođenje pomoću inercije (magnet / žiroskop)
- Beskonačni broj načina za vođenje između 2 tačke u otvorenom prostoru
- Da bi se vozilo vodilo na otvorenom prostoru bez fiksne putanje,AGV mora znati gde se tačno nalazi i mora imati sposobnost usmeravanja u željenom pravcu

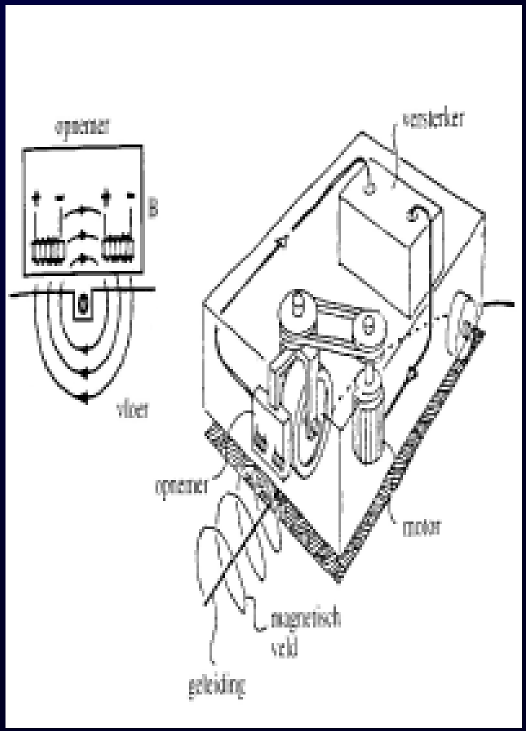
Induktivno vođenje

- Induktivno vođenje AGV je zasnovano na propuštanju struje kroz električni provodnik,što dovodi do stvaranja elektromagnetnog polja oko samog provodnika.



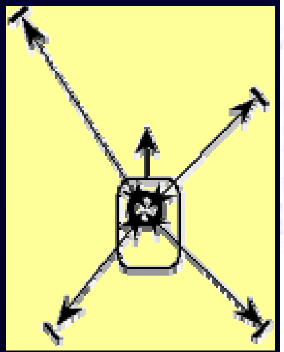






Lasersko vođenje

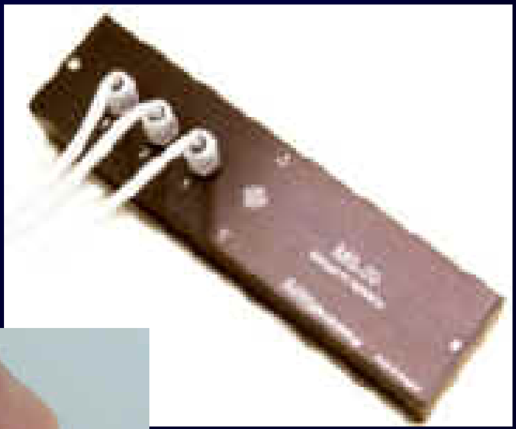
- Laserski skener je postavljen na veliku visinu na samom AGV. Laserski skener mora imati veliku(visoku) preglednost ciljeva(tačaka).Ti ciljevi su napravljeni od visoko reflektujuće trake koja se nalazi ili na plastičnom cilindru ili ploči.Minimalno tri mete moraju biti detektovane istovremeno tokom kretanja,tako da bi trebalo da uvek bude 5 vidljivih meta.
- laserski skener meri rastojanje i ugao do svake mete i daje X i Y koordinate na serijskom priključku(ulaz/izlaz)





Magnet/žiroskop vođenje vozila

- ovaj sistem poseduje specijalno napravljene magnetne senzore koji pronalaze male magnete instalirane u podu,i tehnologiju žiroskopa kako bi se pravac AGV držao pod kontrolom.



- dodatno,postoji povratna sprega između ugla zaokretanja i brojača pređene kilometraže.Magnetni senzori pružaju informaciju o odstupanjima od pozicije AGV i update-uju distance na brojaču kilometara.

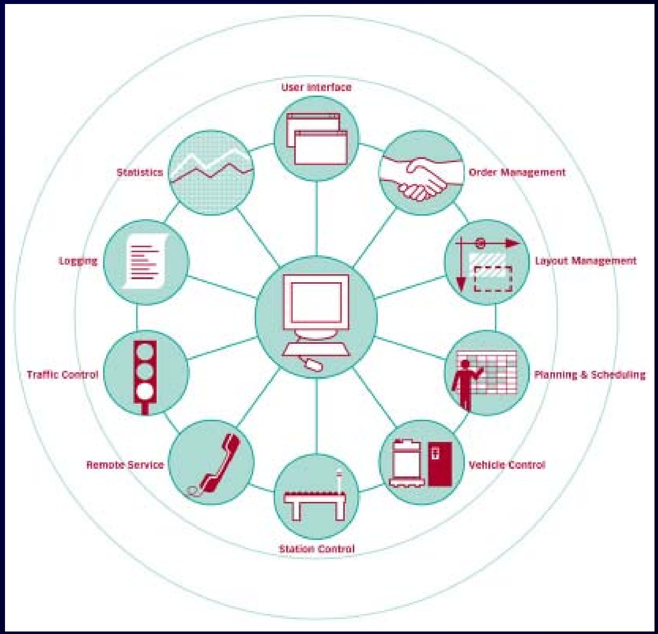


Osnovne funkcije

- **Navigacija i vođenje** omogućava vozilu da prati unapred definisanu rutu a koja je optimizirana za šemu materijalnog toka
- **Rutiranje** predstavlja sposobnost vozila da donosi odluke duž putanje u cilju izbora optimalnih ruta ka specifičnim destinacijama
- **Upravljanje saobraćajem** je sistem ili sposobnost vozila da izbegne sudare sa ostalim vozilima dok istovremeno maksimizira kretanje vozila

Osnovne funkcije . . .

- **Prenos tereta** podrazumeva metod prihvata i isporuke za AGVS sistem, koji vrlo lako može biti integrisan sa ostalim podsistemima.
- **Upravljanje sistemom** je metod kontrole sistema koji se koristi kako bi se propisale(naredile) operacije sistema



  - *Pravilan metod selekcije za svaku funkciju određuje stepen uspešnosti*

Vrste vozila

- AGVs su prilagođena za svaku namenu, ali je većina razvijena iz jednostavnih i fleksibilnih koncepata dizajna vozila
- Vrste vozila koje se nalaze u standardnoj ponudi su
  - ✓ **AGVS Traktori**- namenjeni su vuči više prikolica
  - ✓ **AGVS za jedinične terete** – opremljena sa platformama, koje obezbeđuju transport jediničnog tereta





Vrste vozila …

- ✓ **AGVS Paletna kolica** – dizajnirana za transport paletizovanog tereta



- ✓ **AGVS kolica sa dodatnim viljuškama** imaju sposobnost da opslužuju teret i sa nivoa poda i sa visine



- ✓ **AGVS za lake terete** su vozila koja se koriste za transport malih delova



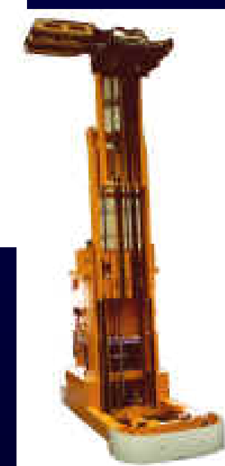
Vrste vozila …



- ✓ **Vozila za montažnu liniju** predstavljaju adaptaciju AGVS za lake terete



- ✓ **Transportna kolica**



- ✓ **AGVS za zahvatanje tereta sa strane**



- ✓ Prilagođena rešenja – **specijalna vozila**

Kontrola saobraćaja

- Automatsko zaustavljanje,pokretanje i rutiranje AGV je esencijalno za AGV sisteme. U kontekstu kontrole saobraćaja,svi oblici automatskog zaustavljanja i pokretanja su poznati kao blocking-blokiranje.
- Postoje 2 tipa blokiranja:
  - ✓ **Zonsko blokiranje**
  - ✓ **blokiranje pomoću akumuliranja**

Kontrola saobraćaja

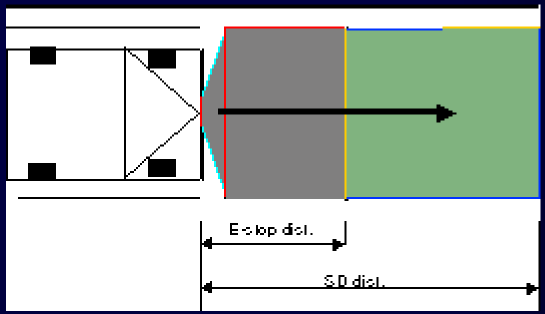
- **Zonsko blokiranje** kontroliše nadzorni kontrolni sistem. Specifična zona može biti odobrena,dodeljena samo jednom AGV za određeno vreme. Ukoliko je zona dodeljena određenom AGV, ne može biti istovremeno dodeljena i drugom vozilu koje želi da koristi istu sekciju.
- **Blokiranje pomoću akumulacije** ne kontroliše nadzorni kontrolni sistem.Izvršava ga AGVs i senzori zs detektovanje prepreka postavljeni na AGVs . Akumulativno blokiranje se koristi na dugim,pravim sekcijama .

Dodeljivanje i generisanje radnih zadatka

- Generisanje i dodeljivanje radnih zadatka(**dispatching**) je esencijalno za svaki AGVs sistem.
- Ova operacija se može uporediti sa poslovima dispečiranja taxi vozila. Svi klijenti treba da blagovremeno budu opsluženi vozilom koje na najbolji način može da ispuni zahtev klijenta.
- Ovu operaciju obično izvršava nadređeni kontrolni sistem(daljinsko **raspoređivanje**),ali može se izvršavati i lokalno sredstvima on-board dispečera.

AGV sistemi bezbednosti

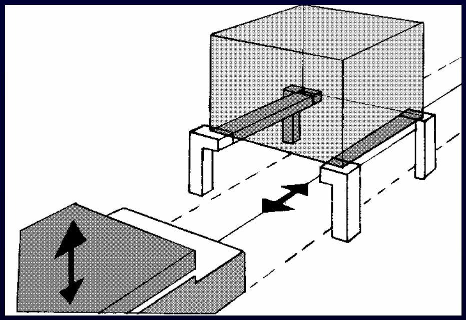
- Svrha AGV sistema za detektovanje prepreka jeste detektovanje bilo koje prepreke kako bi AGV usporilo i zaustavilo.

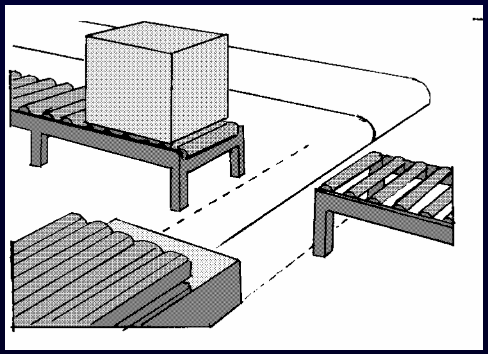


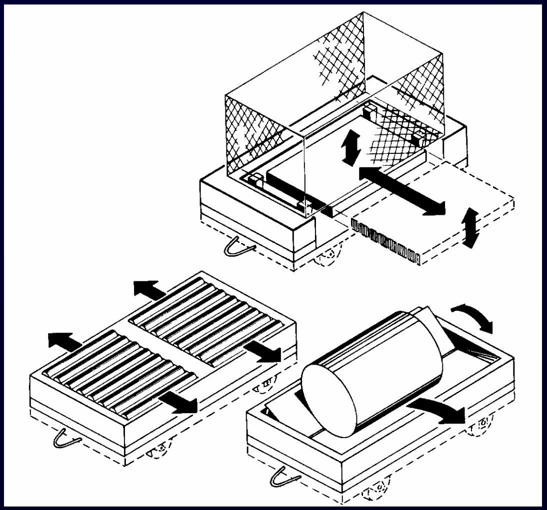
  - ✓ Svaki AGV je opremljen sa branicima i/ili trakama osetljivim na kontakt. Vozilo se zaustavlja trenutno pošto branik ili kontaktna traka ‘udari' u prepreku.
  - ✓ Sistem senzora prenosi 2 digitalna signala: odmah po ranoj detekciji, AGV postepeno smanjuje brzinu; kako se AGV približava prepreci signal "stop" se aktivira

AGV rukovanje i transfer tereta

- Automatski transfer i rukovanje teretom se koristi u većini AGV-sistema, ali je takođe moguć i manuelni transfer. AGVs mogu podizati i spuštati teret pomoću nastavaka u obliku viljuški,konvejera, i velikim spektrom ostalih uređaja u zavisnosti od vrste i veličine jedinica tereta koje se opslužuju.





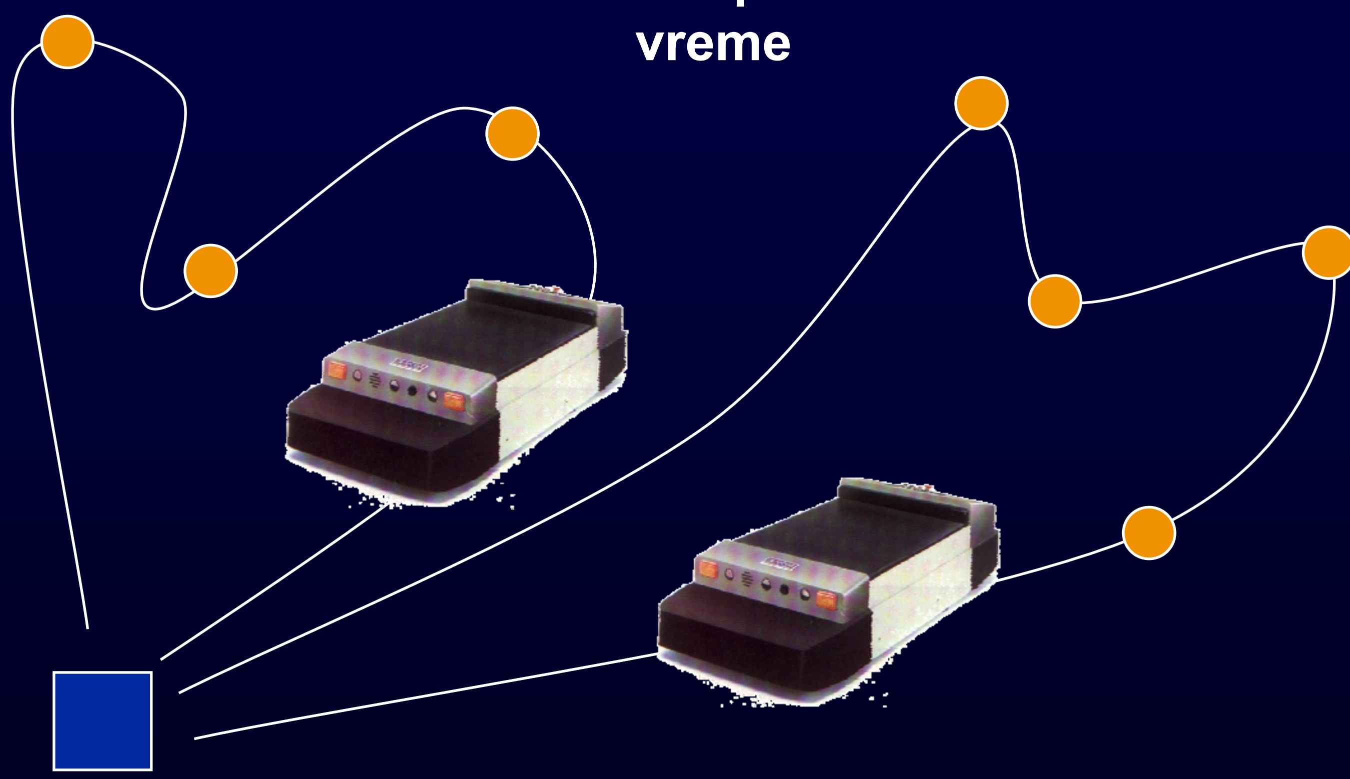


AGV transfer i rukovanje teretom…

- Osnovni postupci pri rukovanju i transferu tereta AGV su:
  - ✓ Ručno rukovanje i transfer tereta
  - ✓ Automatizovano rukovanje i transfer tereta
  - ✓ Pogonjeni konvejer valjkasti/trakasti/lančani
  - ✓ Rukovanje i transfer tereta dizalicom
  - ✓ Push/Pull Rukovanje i transfer tereta

Proračun broja potrebnih AGV

$$\text{Broj vozila} = \frac{\text{Zahtevani sati rada vozila}}{\text{Raspoloživo vreme}}$$



Stanja u kojima se vozilo može nalaziti

Prazan hod (čekanje ili kretanje)

Blokirano u bilo kojoj fazi

Punjenje baterija

Put praznog vozila do tačke utovara

procena

Istovar jedinice tereta

Utovar tereta

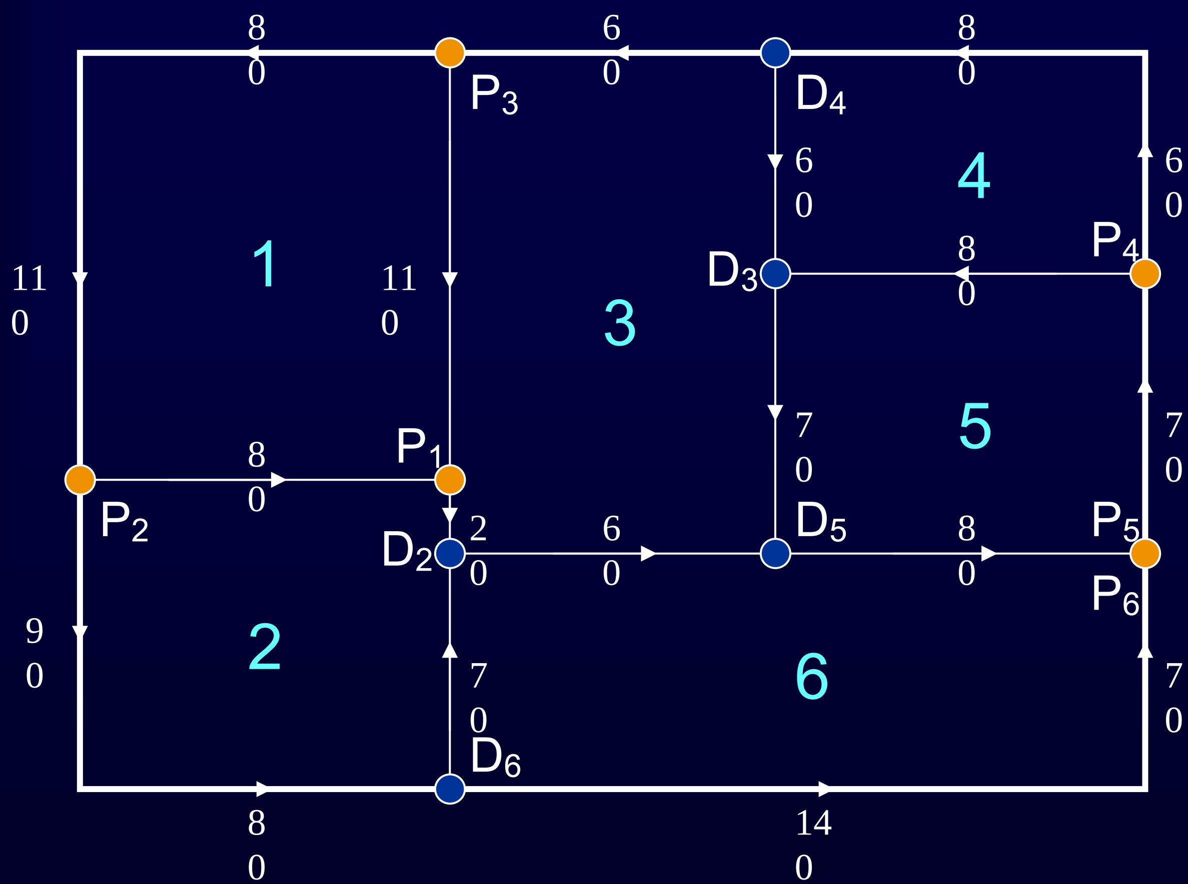
Put natovarenog vozila do tačke istovara

proračun

Zahtevani sati rada vozila :

Vreme praznog hoda+ vreme putovanja praznog vozila +vreme utovara + vreme putovanja natovarenog vozila +vreme istovara + Blocked time + vreme punjenja baterija

Matrice rastojanja i kretanja(toka)



1,...,6 –opsluživana područja (radni centri)

P_i – tačke utovara

D_i – tačke istovara

Matrice rastojanja i kretanja(toka)

Vreme utovara i istovara,kao i vreme putovanja natovarenog vozila može biti izračunato pomoću matrice od-do i matrice rastojanja između tačaka utovara i istovara različitih opsluživanih područja(radnih centara)

Matrica od-do

	1	2	3	..	j
1	-	f_{12}	f_{13}	..	f_{1j}
2	f_{21}	-	f_{23}	..	f_{2j}
:	:	:	-	..	
i	f_{i1}	f_{i2}	f_{i3}	..	$\mathbf{f_{ij}}$

Matrica rastojanja

	1	2	3	..	j
1	-	d_{12}	d_{13}	..	d_{1j}
2	d_{21}	-	d_{23}	..	d_{2j}
:	:	:	-	..	
i	d_{i1}	d_{i2}	d_{i3}	..	$\mathbf{d_{ij}}$

Od tačke utovara *i* do tačke istovara *j*

$$\sum_i \sum_j f_{ij} =$$

Proračuni vremena putovanja natovarenog vozila i vremena utovara/istovara

Parametri sistema:

t_L – vreme utovara

t_U – vreme istovara

V – brzina vozila

T – vreme

$t_L \sum_i \sum_j f_{ij}$ Ukupno vreme utovara na tačkama utovara (T_L)

$t_U \sum_i \sum_j f_{ij}$ Ukupno vreme istovara na mestima istovara (T_U)

$\sum_i \sum_j f_{ij} d_{ij}$ Ukupno rastojanje između opsluživanih područja (radnih centara)

$\sum_i \sum_j \left(f_{ij} d_{ij} \right) / V$ Ukupno vreme kretanja sa teretom (T_{LT})

Procene vremena praznog hoda,punjenja baterija,blokiranja i putovanja praznog vozila

- Vremena praznog hoda,blokiranja i putovanja praznog vozila zavise od metoda kontrole,pravila i dinamike sistema
- Vreme punjenja baterija zavisi od vrste baterija/metoda punjenja kao i zadataka koje vozilo izvršava
- Kako bi se procenila ova vremena predloženo je nekoliko metoda

Procene vremena praznog hoda,punjenja baterija........

Proste jednodimenzionalne metode

- Metode se nazivaju prostim u slučaju kada su procene kretanja praznog vozila suviše jednostavne (naivne)
- Ove metode se nazivaju jednodimenzionalnim zato što se koristi unapred definisana veličina jedinice tereta i mreža putanja,ne obazirući se na sveobuhvatnu(celokupnu) optimizaciju
- Studije koje potpadaju pod ovu kategoriju su: **Maxwell and Muckstadt (1982), Egbelu (1987)**

Procene vremena praznog hoda,punjenja baterija........

Kompleksne jednodimenzionalne metode

- Metode se nazivaju kompleksnim u slučaju kada su procene kretanja praznog vozila preciznije i kada koriste postojeća pravila raspoređivanja- dispatching
- Studije koje potpadaju od ovu kategoriju su: **Egbelu (1987), Bakkalbasi (1990), Malmborg (1991)**

Procene vremena praznog hoda,punjenja baterija........

Multidimenzionalne metode

- Metode se nazivaju multidimenzionalnim kada se problem proračuna vozila integriše sa ostalim problemima a koji su u direktnoj vezi sa ovim proračunom kao što je određivanje veličine jedinice tereta i dizajn putanje kretanja
  - Studije koje integrišu proračun vozila sa dizajnom putanje kretanja su: **Ashayeri (1989)**,
  - Studije koje integrišu proračun vozila sa određivanjem veličine jedinice tereta su: **Mahadevan and Narendran (1992), Egbelu (1993) and Beamon and Deshpande (1998)**

Procene vremena praznog hoda,punjenja baterija........

Prost jednodimenzionalni metod

$$N = \frac{\sum_i \sum_j \left(f_{ij} d_{ij} \right) / V + \varphi(T_{LT}) + \sum_i \sum_j f_{ij} (t_L + t_U)}{e(T - t_b) / (1 + b + c)}$$

e – (pr)ocena efikasnosti vozila

b – procenat vremena kada je vozilo blokirano

c – procenat vremena praznog hoda

t_b – procena vremena potrebnog za punjenje baterija

$\phi(T_{LT})$ – procena vremena putovanja praznog vozila kao funkcija vremena putovanja natovarenog vozila